Primer Plan Director de Usos de un acuífero aluvial en Cataluña

Autor: Erik Kupper

Ingeniero de Caminos; Director de estudios hidrogeológicos en Typsa

ekupper@typsa.es

Coautor: Alfredo Pérez-Paricio

Licenciado en Ciencias Físicas y Doctor en hidrología subterránea; Jefe Unidad Técnica de Concesiones en la Agencia Catalana del Agua.

aperezpa@gencat.cat

Coautor: Jordi Raso Quintana

Ingeniero Técnico de Obras Públicas; Director Área DPH y Drenaje Urbano

jraso@typsa.es

Coautor: Johannes Hunink

M.Sc. en Geografía Física

j.hunink@futurewater.nl

1 Introducción

El Plan Director de Usos, impulsado por la Agencia Catalana del Agua (ACA), se configura como referente en el campo de la gestión integral de los recursos hídricos, destacando por la especial interacción entre hidrología superficial y subterránea. El trabajo ha sido resultado del esfuerzo conjunto de un equipo multidisciplinar, formado por profesionales de la ACA y el grupo Typsa.

El acuífero estudiado, la llamada "Cubeta de Abrera" (Fig. 1) es de tipología aluvial, y está fuertemente conectado con el río Llobregat. Es por ello que la gestión de los recursos se tiene que planificar teniendo en cuenta la interacción entre las aguas subterráneas y superficiales. Esto es especialmente importante en episodios de sequía como el ocurrido durante los años 2007 - 2008.

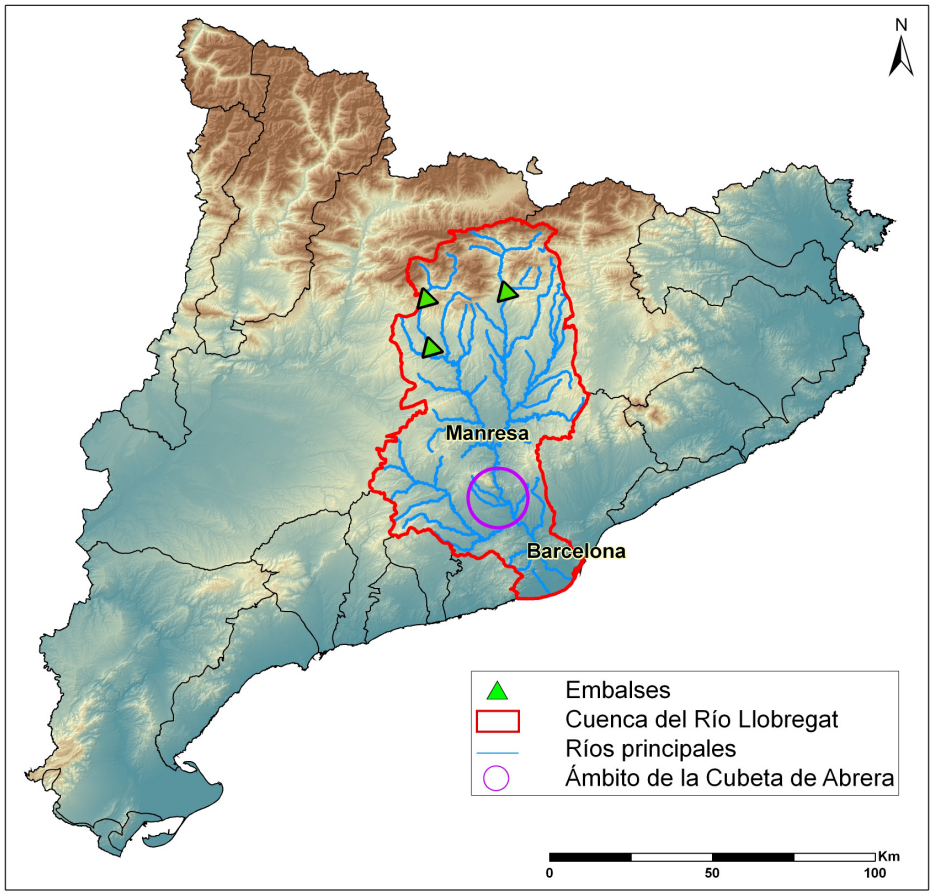


Figura 1 *Ubicación de la Cubeta de Abrera*

2 Metodología

El sistema hidrológico ha sido analizado con un modelo numérico MODFLOW que describe los flujos dinámicos del agua superficial y subterránea. Además, integra el intercambio entre río y acuífero a partir de los niveles freáticos, el calado del río y la posible presencia de sedimentos en el lecho. Los niveles del río se han determinado, a partir de los caudales de la serie analizada, para diferentes secciones representativas con un modelo HEC-RAS. La serie de los cálculos de modelo incluye un año seco, normal y húmedo.

3 Funcionamiento del sistema hidrológico

El funcionamiento del sistema y su respuesta a diferentes escenarios de gestión de los recursos subterráneos han sido analizados con el modelo desarrollado, con paso de malla de 40 metros. Como ejemplo de la interacción entre el río y acuífero, se muestra visualmente (Fig. 2) la bajada del nivel freático causado por una extracción de 3,9 hm^3/año:

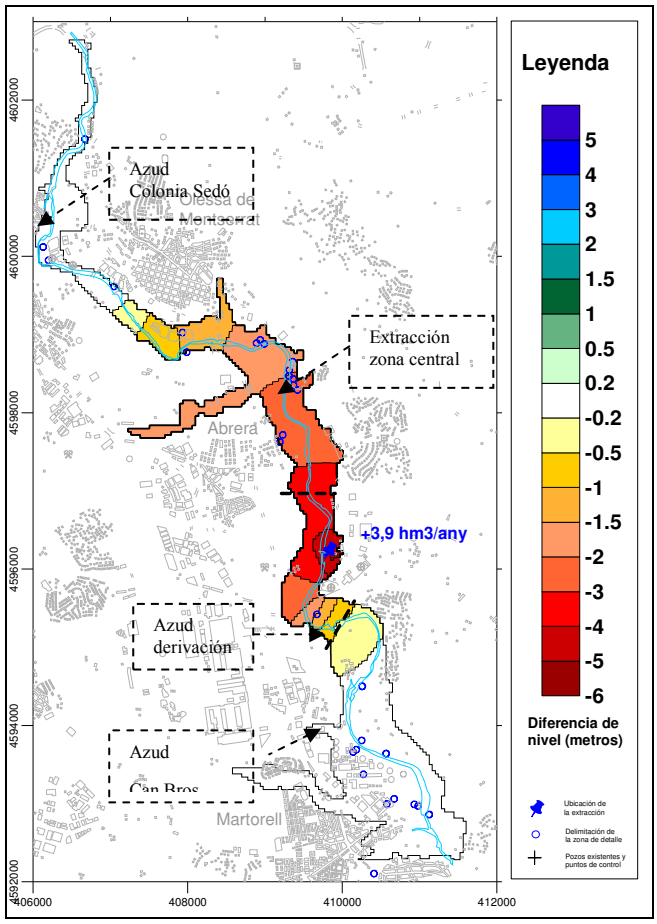
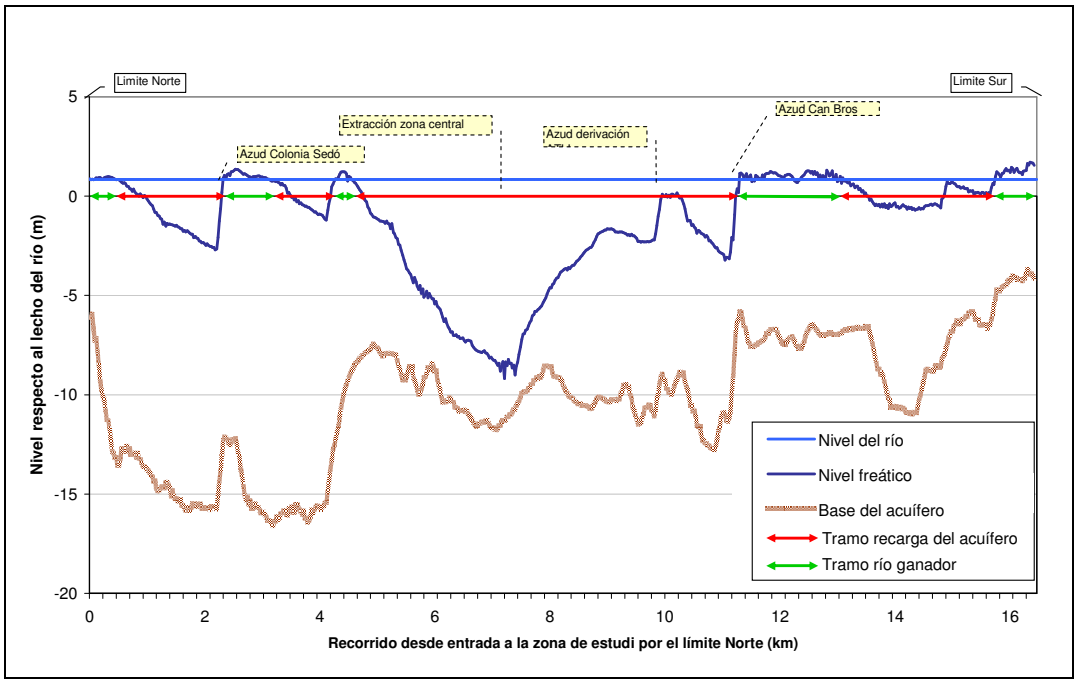


Figura 2 *Diferencia de los niveles freáticos con una extracción de 3,9 hm3/añoSe observa (ver Fig-2) que el efecto regional de la extracción es importante, sobre todo hacia el Norte, donde se prevé una bajada máxima del nivel freático de seis metros, atenuándose hasta ser imperceptible a una distancia de unos seis km*

En dirección al sur, el efecto de la extracción sobre los niveles freáticos es menor debido a la capacidad de infiltración del río en esta zona. Esta capacidad de infiltración se muestra mediante el perfil del acuífero en la dirección del río (Graf-1), sin la extracción adicional de 3,9 hm^3:



Graf-1Perfil longitudinal de los niveles freáticos y nivel del río (sentido N-S)

En el gráfico anterior se pueden observar los niveles del río y los niveles freáticos respecto al lecho del río. Ambos niveles definen el tipo de interacción entre río y acuífero. En tramos con el nivel freático por encima del nivel del río, éste drena el acuífero (río ganador) y el flujo va del acuífero hacia el río. Al contrario, en tramos con el nivel freático por debajo del nivel del río, el flujo va del río (río perdedor) hacia el acuífero (zona de recarga).

En la figura 2 se puede observar que la extracción adicional se ubica cerca del azud de derivación. En el gráfico 1 se observa la existencia de un tramo de río ganador unos 3 km aguas abajo (hacía el limite Sur) del azud de derivación. Es en este tramo donde el río tiene capacidad de reacción ante un cambio en el sistema hidrológico. Es decir que, en caso de un incremento de la extracción, el río empieza a drenar un caudal menor debido a la bajada del nivel freático. Incluso puede llegar a infiltrar si la extracción es suficientemente elevada. Como consecuencia, el efecto de la extracción sobre los niveles freáticos es relativamente pequeño.

En dirección Norte, en cambio, existe una situación de sobre-explotación del acuífero (ver Graf-1) donde la infiltración del río ya es máxima y no puede compensar el efecto de las extracciones de la zona central, lo que resulta en un cono de extracción muy marcado en la zona central de la cubeta. Una extracción adicional en el azud de derivación, tiene un efecto importante sobre los niveles freáticos de toda la zona central, dificultando la continuidad de las extracciones existentes.

Por tanto, es conveniente ubicar la extracción adicional más aguas abajo, en el tramo de río ganador, para minimizar el impacto sobre los niveles freáticos, tanto en la zona cercana al nuevo pozo como en la zona de sobre-explotación. También se deduce la ventaja de desplazar una parte de las extracciones de la zona central hacía tramos de río ganador. Una mejor distribución de los pozos permitirá mantener el caudal total de extracción, pero sin generar conos de extracción tan marcados, lo que mejora las reservas de recurso subterráneo de cara a episodios de sequía. Está claro, por tanto, que si se consigue aumentar la infiltración redistribuyendo las extracciones, se aumentará el volumen anual de recurso subterráneo disponible. Bajo las condiciones actuales de explotación, se ha cuantificado la infiltración neta río-acuífero en 16 hm^3/año, mientras que las reservas de agua subterránea en el acuífero se estiman en no más de 11 hm^3.

4 Gestión integral de los recursos a nivel de cuenca

La "Cubeta de Abrera" forma parte de la cuenca del río Llobregat, que tiene todos sus embalses (ver Fig. 1) concentrados en cabecera. Debido a la falta de regulación en el resto de la cuenca, una parte significativa de sus recursos no son aprovechables actualmente. La gestión de la "Cubeta de Abrera", situada a solo 40 km de la desembocadura del río, permite aumentar la regulación de los recursos mediante la mejora en su explotación y la recarga artificial o natural de caudales excedentarios, principalmente durante las avenidas del río.

En la siguiente figura se visualiza, de manera esquemática, el aprovechamiento de recursos sin optimización de la gestión del acuífero:

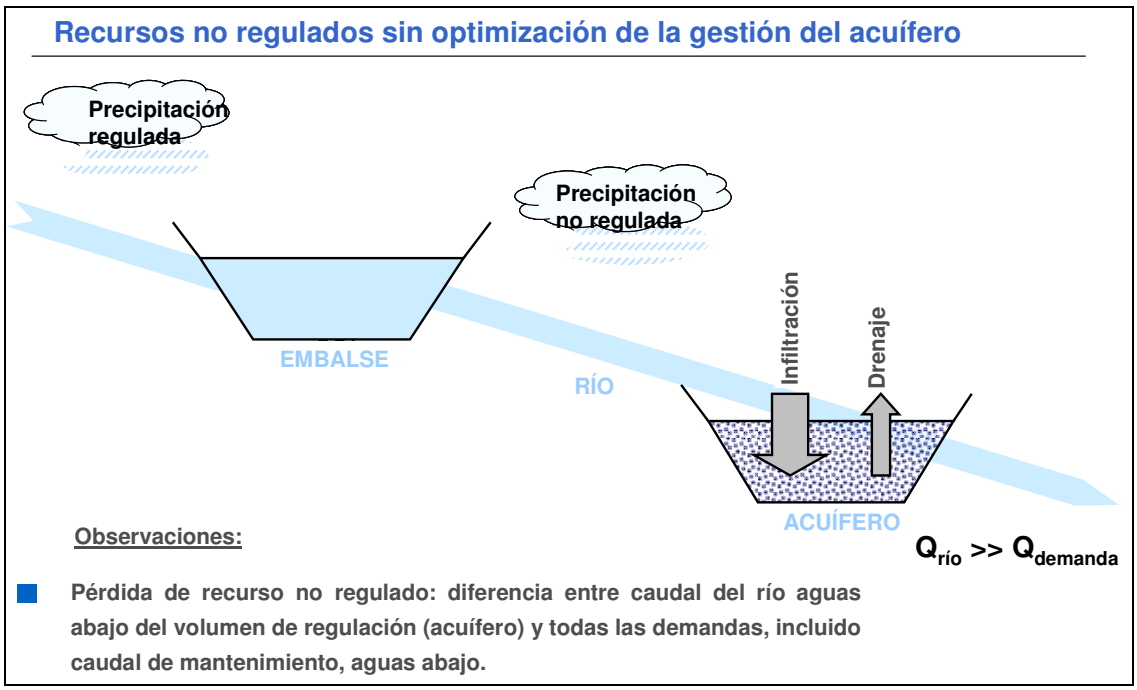


Figura 3 Recursos no regulados sin optimización de la gestión del acuífero

La figura anterior muestra un esquema simplificado de la cuenca del río Llobregat. El embalse representa los embalses en la cabecera de la cuenca y el acuífero las masas de agua subterránea del curso bajo del río. Existe una interacción entre río y acuífero (infiltración y drenaje), pero los recursos no regulados (durante episodios de precipitaciones aguas debajo de los embalses) no se aprovechan del todo, debido a que una fracción sustancial del volumen infiltrado es drenado por el río. Por tanto, el caudal del río (aguas abajo del acuífero) supera ampliamente el total de las demandas, incluido el caudal de mantenimiento. Esta diferencia significa una pérdida de recursos no regulados

Aprovechando el conocimiento sobre el funcionamiento hidrológico del sistema, obtenido a través del modelo, se ha desarrollado una propuesta para mejorar la gestión de recursos a nivel de cuenca. En la siguiente figura se visualiza, de manera esquemática, cómo el aumento y redistribución de las extracciones, así como la recarga artificial, incrementa la disponibilidad de recursos a nivel de cuenca:

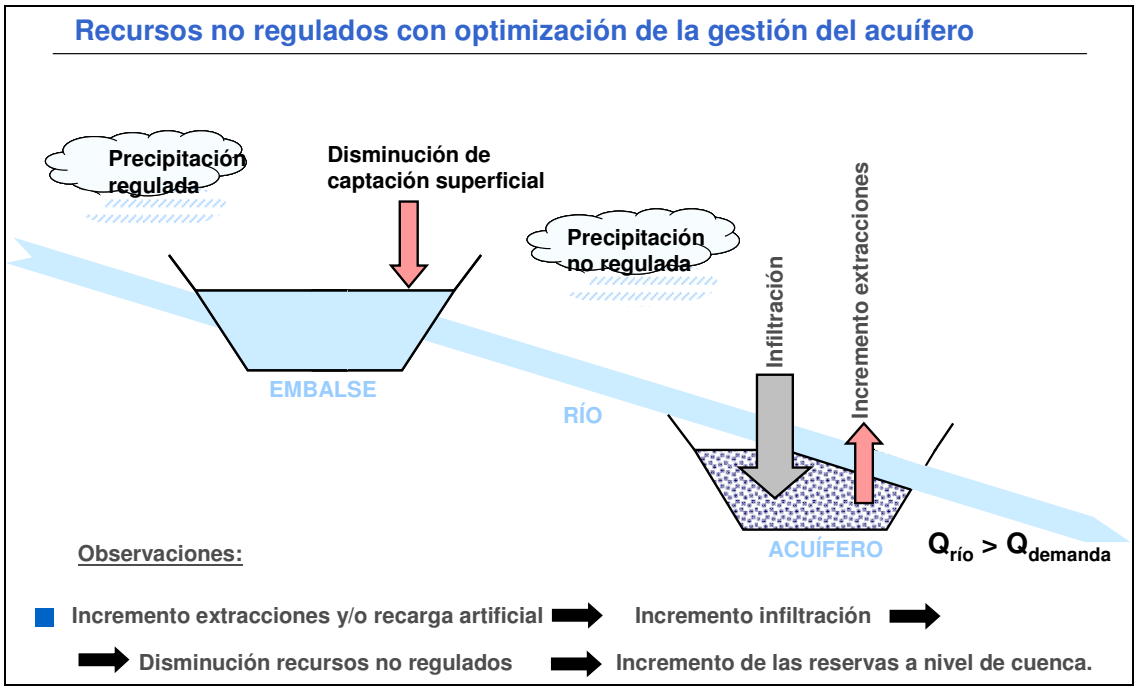


Figura 4 Recursos no regulados con optimización de la gestión del acuífero

La figura 4 muestra, de manera esquemática, una propuesta de gestión del sistema que permite aumentar el aprovechamiento de recursos no regulados. La gestión propuesta se basa principalmente en dos factores:

- El incremento de las extracciones en tramo de río ganador reduce el flujo del agua desde el acuífero al río y aumenta la infiltración de tramos de río perdedor donde la infiltración aún no es máxima. Por tanto, se genera un incremento en la capacidad neta de infiltración que permite infiltrar, de manera natural, un volumen mayor durante los periodos de precipitaciones.
- La construcción de balsas de infiltración, azudes de cresta flexible o pozos de inyección permite incrementar la recarga artificial y transformar así, durante períodos de precipitaciones, los recursos no regulados o excedentarios en recurso regulado en forma de agua subterránea almacenada en la cubeta.

Como resultado de las modificaciones propuestas, se consigue la transformación de recursos no regulados a recursos regulados, lo que facilita el aprovechamiento del mismo. Además, la mejora de la gestión del recurso subterráneo permite extraer un caudal adicional de los acuíferos por lo que se puede reducir el consumo desde los embalses sin limitar la demanda total de la cuenca. Este hecho permite, además, un ahorro considerable de recursos superficiales.

5 Conclusiones

La aplicación de un modelo que integra agua superficial y subterránea genera mayor comprensión de la interacción entre río y acuífero así como del funcionamiento hidrológico del sistema en general. Esto permite realizar una gestión más racional de los recursos y una planificación de nuevas infraestructura.

La mejor gestión del acuífero permite incrementar las extracciones y a su vez disminuir el consumo desde los embalses, sin restringir el consumo total de la cuenca. Como consecuencia de este ahorro, el volumen almacenado es mayor, lo que permite disponer de más reservas hídricas en los embalses de cara a episodios de sequía.

La propuesta de gestión integral a nivel de cuenca, se ha desarrollado para la Cubeta de Abrera, que forma parte de la cuenca del Llobregat. Sin embargo, no se trata de una metodología limitada a la zona de estudio. Por tanto es aplicable, de forma genérica, a la gestión de las cuencas con interacción entre el agua superficial y las masas de agua subterránea.

Siendo éste un estudio pionero en la gestión integral de los recursos hídricos, se espera que sea el inicio de una nueva línea de desarrollo para mejorar la calidad y disponibilidad de los mismos.

6 Bibliografía

Plan Director de Usos del acuífero de la Cubeta de Abrera. Agencia Catalana del Agua (Autor: Typsa). 2009.

Manual de usuario Visual MODFLOW Professional. Schlumberger Water Services.

Programa de Gestión del Acuífero Aluvial de la Cubeta de Abrera. Aluvial Consultoría y Modelación Hidrogeológica S.L. 2004.

Definición del Modelo Conceptual i Numérico de la Cubeta de Abrera. Aluvial Consultoría y Modelación Hidrogeológica S.L. 2004.

Edicto del 3 de marzo de 2004, por lo cual se da publicidad al Acuerdo de 26 de febrero de 2004 del Consejo de Administración de la Agencia Catalana del Agua, por lo que se incluyen las prescripciones técnicas aplicables a la autorización de trabajos dentro de las normas de explotación de los acuíferos del Valle Bajo y Delta del Llobregat, La Cubeta de San Andreu i la Cubeta de Abrera. (DOGC núm. 4093-17/03/2004).

Edicto de 21 de junio de 2002, por lo cual se da publicidad al Acuerdo de 8 de noviembre de 2001 del Consejo de Administración de la Agencia Catalana del Agua, por lo que se aprueba la Propuesta de acuerdo por lo que se establece el régimen de explotación de los acuíferos del Valle Bajo y Delta del Llobregat, La Cubeta de San Andreu i la Cubeta de Abrera. (DOGC núm. 3667-1/07/2002).

Decreto 328/1988 del 11 de octubre, por lo cual se establecen las normas de protección y adicionales en materia de procedimiento en relación a diversos acuíferos de Cataluña. (DOGC núm. 1074-28/11/1988).